
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama
Sidang Akademik 2006/2007

Oktober – November 2006

EKC 313 – Proses Pemisahan

Masa : 3 jam

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi SEMBILAN muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Arahan: Jawab mana-mana **LIMA (5)** soalan.

Pelajar boleh menjawab semua soalan dalam Bahasa Malaysia. Jika pelajar ingin menjawab dalam Bahasa Inggeris, pelajar hendaklah menjawab sekurang-kurangnya SATU soalan dalam Bahasa Malaysia.

...2/-

1. Air yang mengalir pada 5 kg/s disejukkan dari 45°C ke 28°C dalam menara pendinginan lapisan terpadat arus berlawanan alir bebas paksa. Udara pada 25°C dan kelembapan 20% memasuki menara dari bahagian bawah. Anggarkan

[a] Kadar aliran udara kering minima yang diperlukan bagi operasi tersebut.

[6 markah]

[b] Tinggi padatan yang diperlukan jika kadar aliran udara yang digunakan ialah 1.5 kali nilai minima dan tinggi unit pemindahan ialah 0.62 m

[7 markah]

[c] Kadar aliran isipadu udara kering di keluaran menara jika suhu udara keluaran ialah 40°C (bebuli kering).

[7 markah]

Data Entalpi Tepu (H_s) bagi udara/air diberikan di bawah.

T (°C)	25	30	35	40	45	50
H_s (kJ/kg udara kering)	76.17	99.565	128.88	165.92	213.15	273.98

[Pemindahan haba dan jisim yang dikawal oleh saput gas boleh diandaikan bagi proses pendinginan di atas]

$$C_p \text{ air} = 4.2 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

1. A stream of water flowing at 5 kg/s is cooled from 45°C to 28°C in a forced draft counter current packed bed cooling tower. Air at 25°C and 20% humidity enters the tower at the bottom of the tower. Estimate

[a] the minimum dry air flow rate required for the operation.

[6 marks]

[b] the height of packing required if the air flow rate of 1.5 times the minimum is used and the height of a transfer unit is 0.62 m

[7 marks]

[c] the volume flow rate of dry air at the exit of the tower if the exit air temperature is 40°C (dry bulb).

[7 marks]

Saturation Enthalpy (H_s) data for air/water system are given below.

T (°C)	25	30	35	40	45	50
H_s (kJ/kg dry air)	76.17	99.565	128.88	165.92	213.15	273.98

[The heat and mass transfer in the cooling process may be assumed to be gas film controlled]

$$C_p \text{ water} = 4.2 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

...3/-

2. [a] Garisan sesuhu Langmuir dan Freundlich dalam penjerapan adalah seperti di bawah:

[i] Garisan sesuhu Langmuir : $q_e = K_L C_e / (1 + a_L C_e)$

[ii] Garisan sesuhu Freundlich : $q_e = K_F C_e^{(1/n)}$

di mana a_L = pemalar (sm^3/g)

C_e = kepekatan bahan terjerap pukal pada keseimbangan (g/sm^3)

K_F = pemalar sesuhu Freundlich (g/g)/(sm^3/g)^(1/n)

K_L = pemalar sesuhu Langmuir (sm^3/g)

n = pemalar

q_e = berat bahan terjerap yang dijerap pada keseimbangan (g/g)

Bincangkan secara ringkas persamaan-persamaan di atas dan keterbatasannya.

[4 markah]

- [b] Suatu ujikaji yang dijalankan untuk menentukan data keseimbangan bagi penjerapan glukosa dalam alumina teraktif pada 25°C memberikan data berikut:

Kepekatan glukosa dalam larutan pada keseimbangan (C_e) (g/sm^3)	0.02	0.04	0.06	0.08	0.1	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2
Berat glukosa terjerap pada alumina pada keseimbangan (q_e) (g glukosa/g alumina)	0.0078	0.0101	0.0112	0.0119	0.0124	0.0127	0.0129	0.0131	0.0132	0.0133

Tentukan garisan sesuhu yang memberikan padanan terbaik kepada data di atas dan bincangkan keputusan anda.

[8 markah]

- [c] Suatu larutan yang mengandungi 0.2 g glukosa/ sm^3 dialirkan melalui lapisan terpadat alumina pada kadar aliran 10 sm^3/s . Data lengkungan bulus yang diperolehi diberikan di bawah :

Kepekatan di alur keluar (C) (g glukosa/ sm^3)	t (min)
0	0
0	10
0	20
0.01	30
0.025	40
0.05	50
0.07	60
0.1	70
0.13	80
0.15	90
0.175	100
0.19	110
0.2	120
0.2	140
0.2	160
0.2	180

...4/-

Anggarkan masa titik putus, pecahan jumlah muatan lapisan yang digunakan pada titik putus, pecahan lapisan yang tidak digunakan.

[8 markah]

2. [a] The Langmuir and Freundlich isotherm in adsorption are presented below.

[i] Langmuir Isotherm: $q_e = K_L C_e / (1 + a_L C_e)$

[ii] Freundlich Isotherm $q_e = K_F C_e^{(1/n)}$

where

- a_L = constant (cm^3/g)
- C_e = Concentration of adsorbate in bulk at equilibrium (g/cm^3)
- K_F = Freundlich isotherm constant ($\text{g}/\text{g})/(\text{cm}^3/\text{g})^{(1/n)}$
- K_L = Langmuir Isotherm constant (cm^3/g)
- n = a constant
- q_e = weight of adsorbate adsorbed at equilibrium (g/g)

Briefly discuss the above equations and their limitations.

[4 marks]

[b] An experiment carried out for the determination of equilibrium data for the adsorption of glucose in activated alumina at 25°C gave the following data:

Concentration of glucose in solution at equilibrium (C_e) (g/cm^3)	0.02	0.04	0.06	0.08	0.1	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2
Adsorbed weight of glucose on alumina at equilibrium (q_e) (g glucose/ g alumina)	0.0078	0.0101	0.0112	0.0119	0.0124	0.0127	0.0129	0.0131	0.0132	0.0133

Determine the isotherm which fits best for the above data and discuss your result.

[8 marks]

[c] A solution containing 0.2 g of glucose/ cm^3 is passed through packed bed of alumina at a flow-rate of $10 \text{ cm}^3/\text{s}$. The breakthrough curve data obtained are given below

Concentration at the outlet (C) (g of glucose/cm ³)	t (min)
0	0
0	10
0	20
0.01	30
0.025	40
0.05	50
0.07	60
0.1	70
0.13	80
0.15	90
0.175	100
0.19	110
0.2	120
0.2	140
0.2	160
0.2	180

Estimate the breakpoint time, the of total capacity of the bed used at break point, the fraction of unused bed.

[8 marks]

3. [a] Huraikan secara ringkas bagaimana denyutan boleh mempengaruhi prestasi turus penyarian cecair-cecair terdenyut.

[2 markah]

- [b] Sebuah menara penyarian arus berlawanan cecair-cecair terdenyut dengan ketinggian 3 m digunakan untuk menyari asid asetik dari suatu larutan berair dengan menggunakan isopropil eter tulen. Kedua-dua fasa tersebut boleh diandaikan sebagai tidak bercampur. 2000 kg/j.m² eter dan 1000 kg/j.m² larutan asid asetik 5% (mengikut berat) telah digunakan. Fasa eter yang keluar dari turus mengandungi 0.8% (mengikut berat) asid asetik. Fasa sari boleh diandaikan sebagai mengawal pemindahan jisim, dan larutan-larutan boleh diandaikan sebagai lemah. Anggarkan:

- [i] Peratusan berat asid asetik di dalam fasa rafinat yang keluar dari turus.

[6 markah]

- [ii] Bilangan unit pemindahan (keseluruhan) berdasarkan fasa sari.

[6 markah]

- [iii] Pekali pemindahan ($K_y \cdot a$) berdasarkan fasa sari.

[6 markah]

...6/-

Data: Hubungan keseimbangan bagi asid asetik antara kedua-dua fasa diberikan oleh

$$Y = K_D X$$

di mana: Y = berat asid asetik/berat isopropil eter dalam fasa eter

X = berat asid asetik/berat air dalam fasa berair

K_D = pekali taburan = 0.32

3. [a] *Outline briefly how pulsation could affect the performance of a pulsed liquid-liquid extraction column.*

[2 marks]

- [b] *A pulsed liquid-liquid counter current extraction tower of 3 m height is used to extract acetic acid from an aqueous solution using pure isopropyl ether. The two phases may be assumed to be completely immiscible. 2000 kg/h.m² of ether and 1000 kg/h.m² of 5% (by weight) acetic acid solution were used. The ether phase leaving the column contains 0.8% (by weight) of acetic acid. The extract phase may be assumed to control the mass transfer and the solutions may be assumed to be lean. Estimate:*

- [i] *Percentage by weight of acetic acid in the raffinate phase leaving the column.*

[6 marks]

- [ii] *The number of transfer units (overall) based on the extract phase.*

[6 marks]

- [iii] *The transfer coefficient ($K_y \cdot a$) based on the extract phase.*

[6 marks]

Data: Equilibrium relationship for acetic acid between the two phases is given by

$$Y = K_D X$$

where Y = weight of acetic acid/ weight of isopropyl ether in the ether phase

X = weight of acetic acid/weight of water in aqueous phase, and

K_D = Distribution coefficient = 0.32

4. 1.5 kg/s ammonium nitrat berhablur basah dikeringkan daripada 5 ke 0.2 % berat dalam pengeringan arus berlawanan dengan udara dalam pengering putar. Tekanan, suhu dan kelembapan air salur masuk ialah $P = 10^5$ Pa, $T = 405$ K, dan $H = 0.007$ kg wap air/kg udara kering. Suhu udara dari pengering ialah 355 K, suhu ammonium nitrat ke pengering ialah 293 K, dan dari pengering ialah 340 K. Kirakan kadar aliran jisim udara kering:

[a] dengan mengabaikan kehilangan haba ke udara ambien

[15 markah]

[b] dengan menganggap kehilangan haba ke udara ambient hampir kepada 8% daripada haba yang dipindahkan ke ammonium nitrat.

[5 markah]

Diberikan muatan haba tentu ammonium nitrat ialah 1.66 kJ/(kg K) dan bagi air ialah 4.19 kJ/(kg K); haba pengewapan, ΔH_v pada 293 K = 2455.4 kJ/kg.

4. 1.5 kg/s wet crystalline ammonium nitrate is dried from 5 to 0.2 % by weight in counter current drying with air in a rotary drier. Pressure, temperature and humidity of the inlet air are $P = 10^5$ Pa, $T = 405$ K, and $H = 0.007$ kg vapour/kg dry air. The temperature of the air from the drier is 355 K, of ammonium nitrate to the drier 293 K, and from the drier 340 K. Calculate the mass flow rate of dry air:

[a] neglecting heat losses to the ambient air

[15 marks]

[b] assuming heat loss to the ambient air as approximately 8% of the heat transferred to the ammonium nitrate.

[5 marks]

Note that the specific heat capacity of ammonium nitrate is 1.66 kJ/(kg K) and of water is 4.19 kJ/(kg K); the heat of vaporization, ΔH_v at 293 K = 2455.4 kJ/kg.

5. [a] Saiz hablur boleh ditentukan mengikut panjang ciri, L . Apakah perhubungan L dengan isipadu hablur, v_p dan jumlah luas permukaan hablur, s_p ?

[2 markah]

[b] Air yang cukup telah digunakan untuk melarut 1000 kg KCl untuk menyediakan satu larutan tepu pada 363 K, di mana larutan KCl dalam air ialah 35% berat. Kebolehlarutan KCl menurun ke 25.4% berat dalam air apabila larutan tersebut disejukkan ke 293 K. Kirakan yang berikut:

[i] Berat hablur KCl yang diperolehi dan berat air yang diperlukan untuk larutan.

[6 markah]

[ii] Berat hablur yang diperolehi jika 10% daripada jumlah air asal menyejat semasa proses penyejukan?

[6 markah]

...8/-

- [c] Suatu larutan panas mengandungi 30.6 kg $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ /100 kg H_2O dari sebuah penyejat memasuki sebuah penghablur, di mana larutan tersebut disejukkan ke 283 K dan $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ menghablur. Kebolehlarutan $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ ialah 7.0 kg $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ /100 kg air pada 283 K. Semasa pendinginan, 5 % daripada jumlah air yang asal menyejat. Carikan hasil hablur dalam larutan bagi jumlah 100 kg larutan suapan.

[6 markah]

5. [a] *The size of a crystal can often be specified by its characteristic length, L . What is the relationship between L with the crystal volume, v_p and the total surface area, s_p of the crystal?*

[2 marks]

- [b] *Sufficient water is used to dissolve 1000 kg of KCl to make a saturated solution at 363 K, where the solubility of KCl in water is 35 wt%. The solubility of KCl drops to 25.4 wt% in water when the solution is cooled to 293 K. Calculate the following:*

- [i] *The weight of crystals of KCl obtained and the weight of water require for solution.*

[6 marks]

- [ii] *The weight of crystals obtained if 10% of the original water evaporates on cooling?*

[6 marks]

- [c] *A hot solution containing 30.6 kg $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ /100 kg H_2O from an evaporator enters a crystallizer, where the solution is cooled to 283 K and $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ crystallizes. The solubility of $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ is 7.0 kg $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ /100 kg water at 283 K. On cooling, 5 % of the original water present evaporates. Find the yield of crystals in the solution for a feed solution of 100 kg total.*

[6 marks]

6. Seperti yang ditunjukkan dalam jadual di bawah, satu set data diperolehi dari penurasan makmal dijalankan pada susutan tekanan tetap, 206.8 kPa pada buburan CaCO_3 dalam air pada suhu 25°C. Penuras itu merupakan sebuah penuras tekan tekan 6-in dengan luas permukaan 929 sm^2 . Pecahan jisim pepejal dalam suapan ke penuras tersebut ialah 0.139.

Cecair turasan, kg	Masa penurasan, s
0.45	0
2.27	26
4.54	98
6.80	211
9.07	361
11.34	555
13.61	788
15.88	1083

- [a] Kirakan nilai α (rintangan kek) dan R_m (rintangan bahantara penuras).

[16 markah]

...9/-

[b] Kirakan nilai ketebalan kek.

[4 markah]

Diberi kelikatan kinematik, μ ialah 9.82×10^{-4} kg/m.s; nisbah jisim kek basah kepada kek kering = 1.47; ketumpatan kek kering = 1169 kg/m^3

Persamaan berguna:
$$c = \frac{c_F}{1 - (m_R - 1)c_F / \rho}$$

di mana c = jisim pepejal dalam penuras per unit isipadu cecair turasan

c_F = jisim pepejal dalam buburan per unit isipadu cecair yang disuapkan

ρ = ketumpatan cecair turasan

m_R = nisbah jisim kek basah kepada kek kering

6. As shown in the table below, a set of data was obtained through laboratory filtration conducted at constant-pressure drop, 206.8 kPa on slurry of CaCO_3 in water at temperature 25°C . The filter was a 6-in filter press with an area of 929 cm^2 . The mass fraction of solids in the feed to the press was 0.139.

Filtrate, kg	Filtration time, s
0.45	0
2.27	26
4.54	98
6.80	211
9.07	361
11.34	555
13.61	788
15.88	1083

[a] Calculate the value of α (cake resistance) and R_m (filter medium resistance).

[16 marks]

[b] Calculate the value of cake thickness.

[4 marks]

Given the kinematic viscosity, μ is 9.82×10^{-4} kg/m.s; mass ratio of wet cake to dry cake = 1.47; dry cake density = 1169 kg/m^3

Useful equation:
$$c = \frac{c_F}{1 - (m_R - 1)c_F / \rho}$$

where c = mass of solid in filter per unit volume of filtrate

c_F = mass of solid in the slurry per unit volume of liquid fed

ρ = the density of filtrate

m_R = mass ratio of wet cake to dry cake